

Gölgeleme araçlarının mekânın toplam soğutma yükleri açısından etkinliklerinin belirlenmesi

Neslihan TÜRKMENÖĞLU BAYRAKTAR*, Vildan OK

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Bilimleri Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Isıtmaya gereksinim duyulmayan dönemlerde (ESD) güneşin istenmeyen ısı etkilerinden korunmak üzere gölgeleme araçları kullanılmaktadır. Dış hava sıcaklığının iç hava sıcaklığından az olduğu saatlerde, açıklıklardan rüzgâr basıncı ile içeri giren hava akımlarının etkisi ile yüzeyden ısı taşınımıyla soğutma sağlamak mümkündür. Bu etki dış hava sıcaklığının iç hava sıcaklığından yüksek olduğu saatlerde tersine dönmektedir. Güneşin açılarına göre farklı tipte tasarlanan gölgeleme araçlarının hem doğal havalandırma hem de güneş korunumuna bağlı bileşik etkinliğinin değerlendirilmesi ile optimum gölgeleme aracı tasarlamak mümkün olacaktır. Gölgeleme araçlarının gün içerisinde farklı zaman aralıklarında etkinliğinin değerlendirilmesinde; farklı tipte gölgeleme aracı takılı durumda, ortamın yüzeylerden taşınım yolu ile kazanım, havalandırma yolu ile hissedilen kazanım, pencerelerden kazanım bileşenlerinin ve mekânda oluşan toplam soğutma yüklerinin gün içerisinde belirli zaman aralıklarındaki ortalamaları karşılaştırılmıştır. Soğutma yükü hesapları ısı dengesi hesap yöntemini kullanan Energyplus programında yürütülmüştür. Ortamın yüzeylerden taşınım yolu ile kazanımlarının hesaplanmasında gölgeleme araçları ile değişen iç hava hareketi hızlarının etkisini ortaya koyan ortalama taşınım katsayıları rüzgâr tüneline gölgeleme araçsız ve 4 farklı tipte gölgeleme aracı takılı durum için bina modeli içinde gerçekleştirilen hız ölçüm bulguları ile hesaplanmıştır. Güneş yolu ile iç opak yüzeylerin ısı kazanımları da bu bileşen içinde göz önüne alınmıştır. Ortamın havalandırma yolu ile hissedilen kazanımlarının hesaplanmasında gereken hacimsel debi miktarları gölgeleme araçları takılı durumda model ön ve arka yüzeyinde ölçülen basınçlar, hızlar, boşaltım katsayıları ve gölgeleme araç tiplerine göre değişim gösteren açıklık alanları ile bulunmuştur. Pencereden kazanımlarda dış yüzeyde oluşan gölgeli ve gölgesiz alanlar göz önüne alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gölgeleme araçları, doğal havalandırma, soğutma yükü.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Neslihan T. BAYRAKTAR. neslihanurkmenoglu@yahoo.com; Tel:(216) 372 93 30. Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Bilimleri Programı'nda tamamlanmış olan "Gölgeleme araçlarının mekânın toplam soğutma yükleri açısından etkinliklerinin değerlendirilmesinde geliştirilen yöntem" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 25.11.2008 tarihinde dergiye ulaşmış, 06.01.2009 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.08.2010 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Efficiency of shading device developed on zone total cooling loads

Extended abstract

During most hot period it is possible to obtain passive cooling by decrease of surface temperatures with airflow velocities caused by wind, entering interior with the effect of pressure difference through the openings during the time intervals when the outside air is cooler than interior. This effect turns inverted when the outside air temperature is more than interiors. Shading devices used to protect from unwanted solar radiation acting on interior surfaces change the airflow effects acting interiors according to their types. The changes in volume flow rates, interior velocities and solar radiation amount can be advantageous or disadvantageous for total cooling loads according to the time interval as the interior and outside temperatures changes through the day. Determination of the combined effect of shading device efficiency through solar radiation protection strategy and natural ventilation, will give opportunity of designing optimum shading device.

In validation of shading device efficiency with different types of shading device alternatives, zone gains and losses with convection, zone sensible gain and losses with ventilation, zone gains from windows and total cooling loads through specific time intervals are compared. Cooling load calculations are run through energy analysis simulation program Energyplus using heat balance calculation method. Convection coefficients, exhibiting the effects of the interior velocities which change by shading devices are calculated by using the datas of velocity measurements performed on wind tunnel with a model with 4 different types of shading device and without shading device. Heat gain from opaque interior surfaces by the effect of solar radiation are considered in Energyplus with the output of heat gain to air by convection. As opening dimensions are directly related to volume flow rates, required in calculation of sensible heat gains of zone by ventilation, it is expressed by discharge coefficients obtained by measured velocities on wind tunnel in front of the model and pressure differences between front and back openings for all alternatives.

Shaded and unshaded areas occurring by solar radiation acting on facade with different shading device alternatives are considered. All these parameters of shading devices are used in Energyplus cooling load calculation process. For every alternatives

4 simulations of cooling load calculations had been done for open window and closed window in order to emerge the effects of airflows and solar radiation effects through specific times changing by effects of shading devices. The situations with shading device alternatives are classified as follows; Closed window, no shading device, 1SIM3kap.pen; with shading device, parallel to facade with 90° slat angle parallel to ground, 2.1SIM5kap.pen; parallel to facade with 45° slat angle parallel to ground, 2.2SIM9kap.pen; perpendicular to facade with 90° slat angle parallel to facade, 3.1SIM12kap.pen; perpendicular to facade with 45° slat angle parallel to facade, 3.2SIM15kap.pen, Open window, with no shading device, 1SIM3ac.pen; with shading device, parallel to facade with 90° slat angle parallel to ground, 2.1SIM5ac.pen; parallel to facade with 45° slat angle parallel to ground, 2.2SIM9ac.pen; perpendicular to facade with 90° slat angle parallel to facade, 3.1SIM12ac.pen; perpendicular to facade with 45° slat angle parallel to facade, 3.2SIM15ac.pen, The effects of shading devices on total cooling loads and 3 gain components are evaluated through the time intervals of 01:00-07:00, 08:00-18:00, 19:00-24:00 during the day. 4 simulations of cooling load are made for the situation with no shading device and shading device.

In the 1. simulation run for closed window (1SIM3kap.pen, 2.1SIM5 kap.pen, 2.2SIM9kap.pen, 3.1SIM12 kap.pen, 3.2SIM15kap.pen) and 2. Simulation for open window (1SIM3ac.pen, 2.1SIM5ac.pen, 2.2SIM9 ac.pen, 3.1SIM12ac.pen,3.2SIM15ac.pen);

- 1- Zone's hourly gain by convection from interior surfaces,
- 2- Zone's hourly gain and loss by ventilation
- 3- Zone's hourly gain and loss from window.
- 4- Zone's total cooling load, are obtained

3 and 4. simulations of cooling load are made for the situation without shading device and with shading device for open and closed window in order to get interior mean air and surface temperatures. The average results of total cooling load, infiltration sensible gain, convection to air rate, window heat gain through these hours are compared with no shading device situation by summing the results through 01:00-07:00, 08:00-18:00, 19:00-24:00time intervals.

Keywords: Shading device, natural ventilation, total cooling load.

Giriş

Dünya ikliminin hızla ısınma eğilimi göstermesi özellikle ılımlı iklim kuşağında olan ülkemizde de ısıtma harcamalarından çok soğutma harcamalarının arttığını ve artacağını göstermektedir.

Binalarda soğutma yapay ve doğal sistemler ile sağlanabilmektedir. Herhangi bir yapay iklimlendirme sistemi olmadan hava hareketini arttırmayı ve bina tarafından emilen güneş ışıını miktarını azaltmayı hedefleyerek ortamdaki ısı kazançlarını minimuma indirme metodu olan pasif soğutma, bina tasarım aşamasında gerçekleştirildiğinde, mekanik sistemlere gerek kalmamakta ya da iklimlendirme için gerekli ekipman büyüklüğü ve maliyeti düşmektedir (Cook, 1989).

Binaların bir pasif soğutma sistemi olarak tasarlanmasında bina yüzeylerinde, rüzgârın basıncı nedeniyle havalandırma açıklıklarından iç mekâna doğrudan alınan dış hava sıcaklığına sahip hava akım miktarına, hava hızının taşınım olayı üzerindeki zorlayıcı ve güneşin istenmeyen ısı etkilerine bağlı olarak mekânda oluşan farklı ısı kazanımları ve toplam soğutma yüklerinin en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır. Binalarda duvarlardan ve pencerelerden güneş ışıınından ısı kazanımını azaltıcı bir unsur olarak önerilen gölgeleme elemanları, ESD’de doğal havalandırma verimini de değiştirmektedirler. Bina cephesindeki herhangi bir engel eleman rüzgârın binaların pasif olarak soğutulması rolünde, cepheye etkileyen basıncı ve zorlamalı taşınımı değiştirmek sureti ile rüzgâr etkilerini ve buna bağlı olarak da iç hava akım hızlarını arttırmakta ya da azaltmaktadır.

Gölgeleme araçlarının etkinlikleri Hunn ve diğerleri (1993), Jorge ve diğerleri (1993)’ne, Bilgen (1994), Cho ve Zaheer-Uddin (1995)’e, Wallenten ve diğerleri (2000)’ne, Datta (2001)’e, Chantrasrisalai ve Fisher (2004)’e ait birçok çalışmada gölgeleme araçlarının geometrik, optik ve termofiziksel özelliklerine bağlı olarak iletilen, yansıtılan güneş ışıını miktarıyla ortaya konulmuştur.

Bunun yanı sıra, Chiang ve diğerleri (2005)’ ne, Hien (2003)’e ait çalışmalarda; farklı tipte gölgeleme araçlarının farklı rüzgâr hızlarında iç hava hız dağılımlarına, iç ortam sıcaklıklarına etkisinin ortaya konulduğu, Tsangrassoulis ve diğerleri (1997) ve Argiriou ve diğerleri (2002)’e ait çalışmalarda ise, hacimsel debi miktarlarının, eleman tipine göre belirlenen düzeltme faktörleri ile hesaplanmasının önerildiği görülmektedir. Ancak yukarıda bahsedilen çalışmalarda gölgeleme araçlarının etkilediği iç yüzeylerde elde edilen güneş ışıını miktarları ve iç ortam sıcaklık değişimlerine bağlı soğutma yükleri incelenmemiştir.

Oysa ki binaların pasif olarak en etkin biçimde soğutulması amaçlandığında güneş ışıını engeli olarak önerilen kontrol elemanlarının, rüzgâr ve güneş ışıının etkileri bir arada göz önüne alınarak tasarım aşamasında göstereceği performansın optimize edilmesi gerekmektedir. Pasif soğutmaya gereksinim duyulan ESD’de özellikle sıcak ve ılımlı nemli iklim bölgelerinde, rüzgâr, doğal havalandırmanın yanı sıra bina kabuğundaki ısı transferlerine bağlı olarak elde edilen ısı kazanımlarını azaltmada yararlanılması gereken bir iklimsel elemandır. Bu gerekçeyle gölgeleme elemanlarının güneşin doğrudan bileşenini engelleme yoluyla binanın iç yüzeylerinde ısı kazanımlarına etkilerinin yanı sıra, iç yüzey sıcaklıklarının rüzgâr gücüyle oluşan taşınım yoluyla değişmesinde ve rüzgâr gücüyle bina içi mekânlarının çapraz doğal havalandırmasındaki etkinliklerinin değerlendirilmesinde aşağıda açıklanan yöntem geliştirilmiştir.

Yöntem

Çalışmada; bina yüzeylerinden ısı kazanımını güneşin doğrudan bileşenini engelleme yoluyla azaltmak üzere tasarlanan, gerektiğinde güneş ışınlarının açılara göre hareket edebilen, konumu değiştirilebilen gölgeleme araçlarının güneş ışıını geçirirlerine bağlı olarak iç yüzeylerde güneş yolu ile ısı kazanımlarına etkileri sayısal hesaplamayla ortaya konmuştur.

Rüzgâr çok değişkenli bir çevresel eleman olduğundan binayla ilişkilerini incelerken kuram-

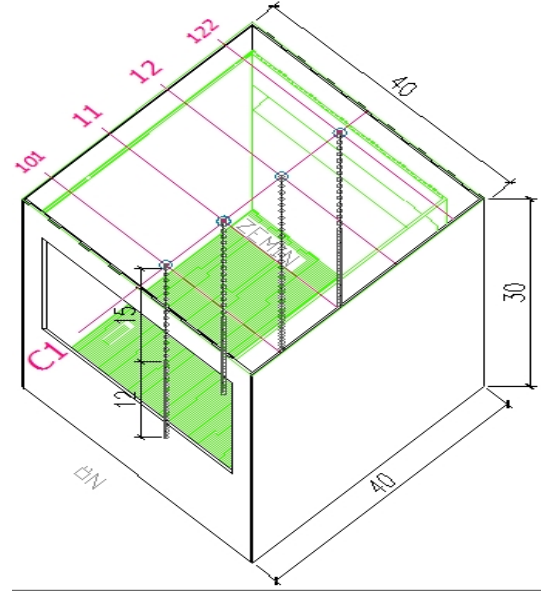
sal, sayısal metotlardan çok, deneysel çalışmalar yapmak, ele alınan parametrelerin değişimini incelemek açısından daha gerçekçi sonuçlara ulaştırmaktadır. Bu nedenle planlanan çalışmada; Güneş kontrol elemanlarının bina içerisinde rüzgâr basıncı nedeniyle ile oluşan bina içi hava akımına etkisi; rüzgâr tüneline sabit hızda, güneş kontrol elemanının biçim boyut konum gibi geometrik değişkenliklerinde deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarla Energyplus programında gölgeleme araçlarını tanımlayıcı veriler olarak kullanılmak üzere boşaltım ve iç yüzey ortalama taşınım katsayıları hesaplanmıştır.

Deneysel çalışma farklı rüzgâr hızlarında gerçekleştirilmiş ancak etkilerin en stabil şekilde gözlenebildiği 8.6 m/s’de elde edilen sonuçlar çalışmada kullanılmıştır. Deneysel çalışmalardan elde edilen basınç ve hız verileri ile gölgeleme aracı takılı durumda ön açıklık için hacimsel hava akım miktarları ve iç yüzey ortalama taşınım katsayıları hesaplanabilmektedir. için hacimsel hava akım miktarları ve iç yüzey ortalama taşınım katsayıları hesaplanabilmektedir. Sayısal hesaplama süreci sonucunda elde edilen veriler kullanılarak, boş durum ve 4 tip güneş kontrol elemanı için 10 farklı duruma bağlı olarak ısı dengesi hesap metoduna göre Energyplus programında soğutma yükü hesabı gerçekleştirilmiştir (ASHRAE, 1993).

Yöntemde gölgeleme aracı etkinliklerinin değerlendirilmesi amacıyla Energyplus programında seçeneklerin herbiri için pencere kapalı ve açık pozisyonda, gölgeleme araçlı ve araçsız durumlarda hissedilen kazanımlar olarak adlandırılan odanın 01:00-07:00, 08:00-18:00, 19:00-24:00 saatleri arasındaki; pencereden kazanım ve kayıpları, güneş ışınlamalarının etki ettiği iç yüzeylerden taşınım yolu ile kazanım ve kayıpları, havalandırma yolu ile oluşan kazanım ve kayıpları, toplam yükleri elde edilmiştir. Elde edilen kazanımlar ve yüklerin zaman aralıklarına bağlı olarak ortalamaları alınarak oluşturulan grafiklerle pencere boş durumdaki alternatiflere bağlı olarak karşılaştırma yapılmıştır.

Yöntemin uygulanmasında ele alınan örnek bina ve model

Çalışmada ele alınan örnek bina tek katlı, iç ölçüleri 4.50 x 4.10 m boyutlarında 3.70 m yüksekliğinde ön cephesinde 7.4 m², arka cephesinde 2.05 m² pencere açıklığına sahip çapraz havalandırılan bir ofistir. Binanın ve ön açıklığı önüne gelen gölgeleme araç tiplerinin rüzgâr tüneli deneylerinde kullanılmak üzere 1/12.5 ölçekli modeli hazırlanmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).

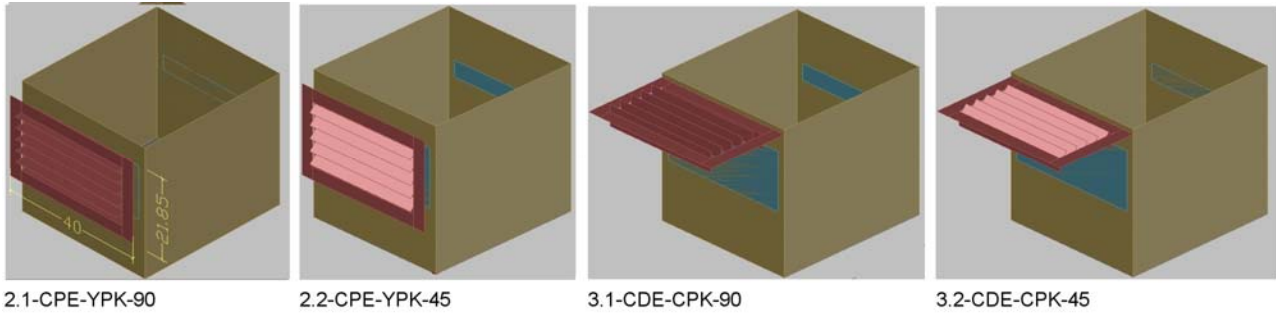


Şekil 1. Bina modeli ve C1 aksı dikey profillerde hız ölçüm noktaları

Çalışmada ele alınan gölgeleme araçlı, araçsız alternatifler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Tablo 1). Energyplus programında gölgeleme araçlı ve araçsız pencere açık konumda havalandırma ve güneş ışınlamaları etkilerinin, pencere kapalı durumda, güneş ışınlamaları ve doğal taşınım etkilerinin göz önüne alındığı toplam 20 soğutma yükü hesabı gerçekleştirilmiştir.

Deneysel çalışma

Hacimsel debi miktarlarını hesaplamak üzere gereken açıklık yönlerindeki basınç katsayılarını ve ortalama taşınım katsayılarını etkileyen iç mekândaki hava hızları ölçülmüştür. Hız ölçümleri açık dönüşlü-kapalı jet, Eiffel tipi bir ses altı rüzgâr tüneline model içinde belirlenen noktalarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Gölgeleme aracı alternatifleri

Tablo 1. Çalışmada incelenen gölgeleme araçları

No	Araç tipi adı	Kodu
1	Gölgeleme aracı yok	
2.1	Yere paralel 90° açık kanatlı cepheye paralel eleman	CPE-YPK-90
2.2	Yere paralel 45° açık kanatlı cepheye paralel eleman	CPE-YPK-45
3.1	Cepheye paralel 90° açık kanatlı cepheye dik eleman	CDE-CPK-90
3.2	Cepheye paralel 45° açık kanatlı cepheye dik eleman	CDE-CPK-45

Hız ölçümlerinde DANTEC firması tarafından üretilmiş mini CTA (Sabit sıcaklık) Hot-wire (sıcak tel) tipi anemometre kullanılmıştır. Bina ön ve arka cephelerinde belirlenen noktalarda farklı hızlara tekabül eden yüzey basınçları ölçümleri için 0-22.5 mmSS (0-225 Pa) basınç aralığında işlev gören diyaframla donanmış Validyne® DP45 değişken relüktanslı basınç ölçer kullanılmıştır.

Hız ve basınç ölçümleri

Hız ölçümlerini yapan, uçları/probe'ları taşımak ve hareketini sağlamak üzere kullanılan taşıma kaydırma sistemi kolunun maket içine istenilen yüksekliklerde girişini sağlamak üzere model tavanında delikler açılmıştır (Şekil 1). Ölçüm noktaları C1 aksında sırasıyla c1-101, c1-11, c1-12, c1-122 olarak adlandırılmıştır. Basınç ölçümleri model ön yüzeyinde 9, arka yüzeyde tek aksta 16 adet dikine noktada 10 durum için gerçekleştirilmiştir.

Hesap aşamaları

Her bir eleman takılı durumda iç mekan soğutma yükü hesabında kullanılan Energyplus programı iç yüzeyler için kullanıcı tanımlı ortalama taşınım katsayısı verilerinin oluşturulmasına, hacimsel debi miktarı ve açıklıklar için boşaltım katsayılarının girişine izin vermektedir. Farklı gölgeleme araçlarının yerleşimiyle farklı boşluk alanlarına sahip olan pencere açıklığından geçen hava akım miktarı ve hızı değişim göstermektedir. Mekanın havalandırma yolu ile kazandığı ya da kaybettiği ısı miktarı içeri giren hacimsel hava akım miktarına bağlı olduğu için bu parametrenin ortaya konulmasında gölgeleme araçlarına bağlı olarak değişen pencere alan büyüklükleri önemli yer tutmaktadır. Her gölgeleme aracı tipi için deneysel çalışma ile ölçülen pencere yakında oluşan bölgesel hızlar ve ön ve arka cephe basınç farkları ile boşaltım katsayısı değerleri elde edilmiştir. Boşaltım katsayısı değerleri ile gölgeleme araçlarının ön cephede yarattığı boşluk alanları hacimsel hava akım miktarı hesabında gölgeleme araç etkilerini ortaya koyan ana parametreler olarak kullanılmıştır.

Ortalama taşınım katsayılarının elde edilişi

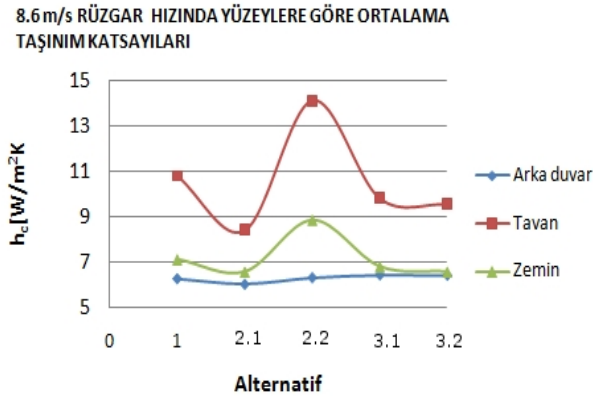
Bina dış yüzeylerinde açıklık yerleşim, boyut, birbirine göre konum, referans rüzgar hızı ve cepheye uyguladığı basınçla havalandırma açıklıklarından iç mekana doğrudan alınan hava hareketi hızları değişmektedir (Aynsley vd., 1977; Ford vd., 1989). Laminer ya da türbülanslı hava akımlarının taşınım katsayılarına büyük etkileri vardır (Çengel ve Boles, 1994). Akım hızı arttıkça taşınım katsayısı artmaktadır. Bina yüzeyini etkileyen bir hava hareketi 1 m/s'yi geçmiş olduğunda taşınım zorlamalı olacak ortalama

taşınım katsayısı kabul gören yaklaşımlardan birinde

$$h_c = 5 + 3.6 \cdot V \quad (1)$$

eşitliği ile ifade edilecek değerde gerçekleşecektir (Dreyfus, 1960). Denklemden yer alan V yüzeyi etkileyen hızı ifade etmektedir. Gölgeleme araçlarının iç hava hareketi hızlarına etkisini göz önüne almayan Energyplus programında bu etkiler, rüzgar tüneline model üzerinde gerçekleştirilen iç hız ölçümleri ile hesaplanan ortalama taşınım katsayıları ile ifade edilmiştir. Zemin, tavan ve arka duvar için iç hız ölçümleri kullanılarak ortalama taşınım katsayıları Dreyfus (1960) yaklaşımı ile hesaplanmıştır.

Çalışmada yüzeylere yakın iç hızların ölçülmesi ile hesaplanan ortalama taşınım katsayılarının iç yüzeylerdeki değişimleri Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. 8.6 m/s GH'da tüm gölgeleme aracı alternatifleri ile iç yüzey ortalama taşınım katsayıları

Elde edilen sonuçlara göre ortalama taşınım katsayısı değerleri sırasıyla tavanda ve zeminde en yüksek değerlerini almakta, en düşük değerler arka duvarlarda gerçekleşmektedir.

Hacimsel debi miktarlarının hesaplanması

Hacimsel debinin hesaplanmasında kullanılan bu parametrelerin elde edilişi aşağıdaki alt başlıklarda incelenmiştir.

Ön açıklık boşaltım katsayılarının hesaplanması

Açıklığa etki eden hava akımları pencere geometrisi, sürtünme ve daralma etkilerine bağlı olarak içeri girerken azalmaktadır (Flourentzou, 1998). Oluşan bu kayıp doğal havalandırmada boşaltım katsayısı ile ifade edilmektedir. Rüzgarla oluşan çapraz havalandırmada boşaltım katsayısı açıklık geometrisine, giriş ve çıkış açıklıkları çevresindeki akım alanlarının biçimine bağlıdır. Önüne gelen gölgeleme aracı tipine göre ön açıklık farklı boşaltım katsayısı değeri almaktadır (Aynsley vd., 1977). Rüzgarla oluşan havalandırma için bir giriş açıklığında boşaltım katsayısı;

$$C_{dinlet} = \frac{Q}{A \cdot V \cdot (C_{pw} - C_{pin})^{0.5}} = \frac{u}{V \cdot (C_{pw} - C_{pin})^{0.5}} \quad (2)$$

Q = Açıklıktan geçen hava akım miktarı.

A = Açıklık alanı.

V = Referans rüzgâr hızı.

C_{pw} = Rüzgâr alan Cephe de basınç katsayısı.

C_{pin} = İki açıklıklı binalar için belirlenmiş iç basınç katsayısı.

U = Açıklıkta ölçülen hız bağıntısı ile elde edilebilir. Geniş açıklıklar için (pencere kapı);

$$C_{pin} = \frac{C_{p2} + (\alpha^2 \cdot C_{p1})}{1 + \alpha^2} \quad (3)$$

Küçük açıklıklar için;

$$C_{pin} = \frac{C_{p2} + \beta \times C_{p1}}{1 + \beta} \quad (4)$$

C_{p1} = Açıklık 1'de dış basınç katsayısı

C_{p2} = Açıklık 2'de dış basınç katsayısı

$$\alpha = \frac{A1}{A2} \quad (5)$$

$A1$ = Giriş açıklığı, $A2$ = Çıkış açıklığı,
 $\beta = 1/4$, (düzgün dağılımlı küçük açıklıklar için),

kabulü ile elde edilmektedir (Karava vd., 2006). Bu yaklaşıma bağlı olarak boşaltım katsayılarının hesaplanması için gerekli olan ön yüzey ve

arka pencere hizasında oluşan ortalama basınç katsayıları basınç ölçümlerinden elde edilen değerlerin ortalaması alınarak bulunmuştur (Tablo 2). Gölgeleme araçları takılı durumda ön cephe açıklık alanları yüzeye dik bakıldığında oluşan boşluk alanlarının hesaplanması ile elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 2. 8.6 m/s rüzgar hızında ön ve arka pencere hizası ortalama basınç katsayıları

No	Araç tipi adı	Ön pencere	Arka pencere
1	Boş durum	0.832	-0.757
2.1	CPE-YPK-90	0.782	-0.640
2.2	CPE-YPK-45	0.692	-0.616
3.1	CDE-CPK-90	0.880	-0.755
3.2	CDE-CPK-45	0.889	-0.688

Tablo 3. Ön cephe açıklık alan

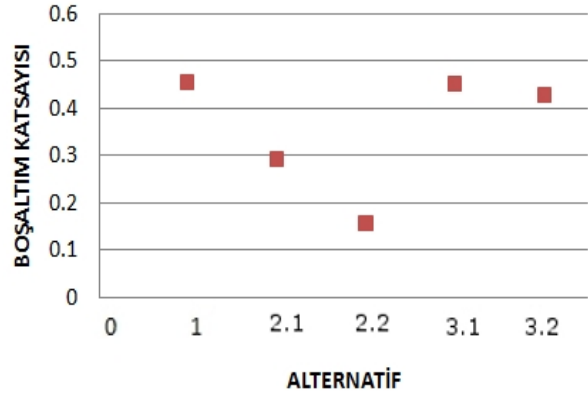
No	Araç tipi adı	Ön pencere boşluk alanı	Ön pencere boşluk yüzdesi
		m ²	%
1	Gölg. aracı yok	7.4	100
2.1	CPE-YPK-90	6.611	87
2.2	CPE-YPK-45	1.768	22
3.1	CDE-CPK-90	7.4	100
3.2	CDE-CPK-45	7.4	100

Cepheye etkiyen referans hız, rüzgâr tüneli kesiti- nin orta aksında yerleştirilen pitot tüpüyle ölçülen basınçtan elde edilmiştir. Pencere yakınında oluşan ortalama bölgesel hızlar; model ön iç yüzeye yakın pencere hizasında ölçülen hızların etki ettikleri yüzey alanındaki dağılımlarına bağlı olarak alansal geometrik ortalamaları alınarak bulunmuştur. Elde edilen ön ve arka pencere basınçlarının farkları, pencere yakınında oluşan bölgesel hızlar, referans hızlar kullanılarak Karava ve diğerleri (2006)'nin önerdiği hesaplama yöntemi ile gölgeleme araçları takılı durumda ön açıklık boşaltım katsayıları elde edilmiştir (Şekil 4).

En düşük boşaltım katsayısı değerleri gölgeleme elemanlarından 45° kanat açıklıklı cepheye pa-

ralel alternatifi takılı durumda bulunmuştur. Elde edilen boşaltım katsayıları ile gölgeleme aracı takılı durumlarda açıklıktaki hacimsel debi hesaplanmıştır (Tablo 4).

GÖLGELEME ARAÇLARI TAKILI DURUMDA ÖN PENCERE BOŞALTIM KATSAYILARI



Şekil 4. Ön pencere boşaltım katsayıları

Tablo 4. Ön pencere hacimsel debi miktarları

No	U _{ort}	C _d	A	C _{pw} -C _{p_{in}}	(C _{pw} -C _{p_{in}}) ^{1/2}	Q _{Karava}
	m ² /s		m ²			m ³ /s
1	3.21	0.46	7.4	1.5	1.2	35.7
2.1	2.44	0.29	6.6	1.1	1.0	17.0
2.2	2.43	0.16	1.8	1.0	1.0	2.4
3.1	3.09	0.45	7.4	1.6	1.3	36.3
3.2	2.92	0.43	7.4	1.6	1.3	34.6

Toplam yükler ve kazanımların hesaplanması

Gölgeleme araçlarının etkisi ile değişen mekânın pencerelerden kazanımları ve kayıpları, yüzeylerden taşınım yolu ile kazanım ve kayıpları, havalandırma yolu ile hissedilen ısı kazanım ve kayıpları ve mekânda tüm ısı kazanım bileşenlerinin etkisi ile oluşan toplam soğutma yükleri elde edilmiş ve oluşturulan grafiklerle gölgeleme aracı takılı olmayan pencere açık-kapalı durumlarla, gölgeleme araçlı pencere açık-kapalı durumların karşılaştırmaları yapılmıştır.

Mekânın yüzeylerden taşınım yolu ile kazanımlarının hesaplanması ve bulguları

Gölgeleme araçlarının iç hava hareketi hızlarına etkisini gözardı eden Energylus programında, deneysel çalışma sonucu model iç yüzeylerine

yakın noktalarda elde edilen hızlar ile hesaplanan ortalama taşınım katsayısı değerleri girilmiştir. Gölgeleme araçlarının iç hava hareketi hızlarına ve opak iç yüzeylerden güneş yolu ile kazanımlara etkisi odanın tüm iç yüzeylerden taşınım yolu ile kazanımları sonuçları ile elde edilmiştir. Şekil 5'te odanın döşemeden taşınım yolu ile kazanımlarının farklı gölgeleme araçlı durumlar için değişimleri görülmektedir. Soğutma yükü hesabı sonucunda elde edilen yüzeylerden havaya taşınım yolu ile ısı kazanımı bulguları;

1. Gölgeleme aracı yok, pencere açık, güneş ışıını içeriye etki ediyor,
2. Gölgeleme aracı var, pencere açık, güneş ışıını içeri etki ediyor kabullerine göre iç yüzeylere yakın noktalarda elde edilen hız ölçüm sonuçları ortalamalarının Dreyfus (1960) denkleminde yerine konularak iç yüzeyler için ortalama taşınım katsayılarının bulunması ile elde edilmiştir.
3. Gölgeleme aracı yok, pencere kapalı, güneş ışıını içeriye etki ediyor,
4. Gölgeleme aracı var, pencere kapalı, güneş ışıını içeri etki ediyor kabullerine göre iç ortamda rüzgar etkilerinden ziyade doğal taşınım etkili olduğundan ortalama taşınım katsayısı hesabı için Energyplus programında yer alan 'Detaylı taşınım' seçeneği kullanılmıştır.

Mekanın ön pencereden havalandırma yolu ile hissedilen kazanımlarının hesaplanması ve bulguları

Energyplus programı açıklık hacimsel debiyi hesaplarken gölgeleme araçlarının etkisini gözardı etmektedir (Energyplus, 2006). Bir önceki başlıkta açıklanan süreçle hesaplanan hacimsel debi miktarlarının programda hava ısı dengesi hesaplama aşamalarının gerçekleştirildiği arayüzde yer alan çeşitli parametrelerin deneme yanılma yöntemi ile değiştirilmesi ile Energyplus programına girişi sağlanmış ve havalandırma yolu ile hissedilen ısı kazanımları ve kayıpları, pencere açık durumda gölgeleme aracı takılı ve takılı olmadığı durumlar için bulunmuştur (Şekil 6).

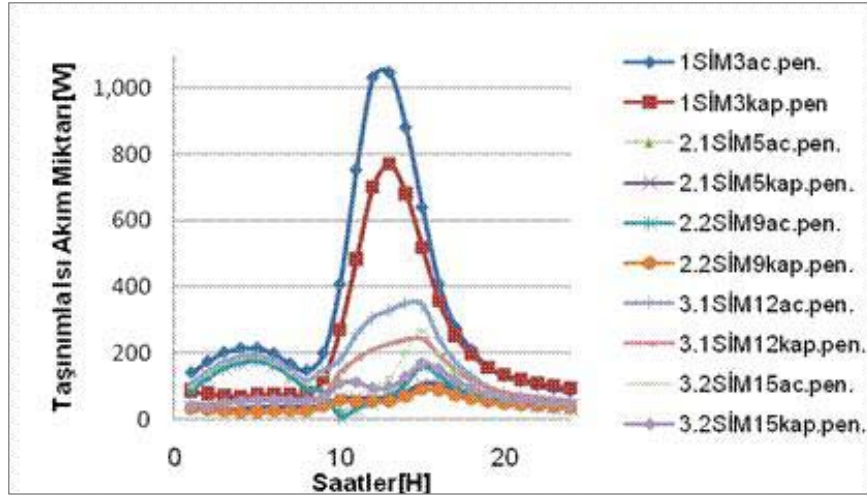
Odanın ön pencereden kazanımlarının hesaplanması ve bulguları

Gölgeleme elemansız ve gölgeleme elemanı takılı durumda tüm alternatifler için saatlik pencereden kazanımlar grafikte karşılaştırıldığında en fazla kazanımların sırasıyla gölgeleme araçsız pencere açık (1SİM3ac.pen) ve pencere kapalı (1SİM3kap.pen), cepheye dik elemanla, 90 kanat açıklıklı pencere açık durumda, (3.1SİM12ac.pen), pencere kapalı durumda (3.1SİM12kap.pen), 45 kanat açıklıklı, pencere açık durumda (3.2SİM15 ac.pen), pencere kapalı durumda (3.2SİM15kap.pen), cepheye paralel elemanla 90 kanat açıklıklı pencere açık durumda, (2.1SİM5ac.pen), pencere kapalı durumda (2.1SİM5kap.pen), en az kazanımın ise cepheye paralel elemanla 45 kanat açıklıklı pencere açık durumda (2.2SİM9 ac.pen) ve pencere kapalı, (2.2SİM9kap.pen) durumlarında gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 7).

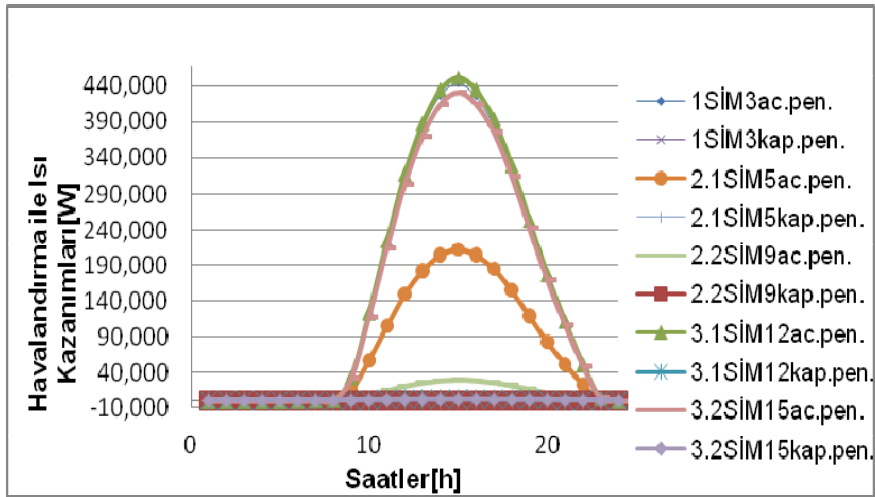
Mekanda oluşan toplam soğutma yüklerinin hesaplanması ve bulguları

Ön açıklık önünde gölgeleme aracına sahip karşılıklı açıklıklarla rüzgarla doğal havalandırılan bir mekanda oluşan soğutma yükü hesabında, 21° olarak kabul edilen iç ortam konfor sıcaklığı üzerine çıkan saatlerdeki yüklerin elde edilmesi için Energyplus programında [Purchased air] objesi tanımlanmıştır. İçeriye etkiyen güneş ışıını, dış ortamdan iç ortama giren havanın sıcaklığı, dış ortamdan iç ortama giren hava hızına bağlı olarak iç yüzeylerdeki sıcaklık miktarı ile iç ortam sıcaklığı değişim göstermektedir.

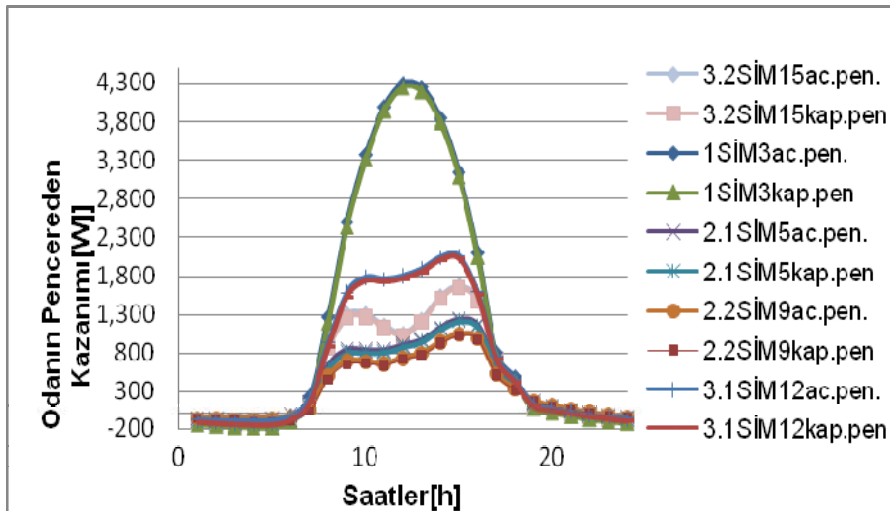
'Purchased air' sisteminde bu saatlerde sıcaklığı tekrar 21°'ye indirmek üzere soğutmada harcanan enerji miktarı ısı yükleri oluşturmaktadır. Şekil 8'de tüm durumlarda hesaplanan toplam yükler görülmektedir. Gün içerisinde toplam soğutma yükü, cepheye etkiyen 8.6 m/s rüzgar hızında en fazla, sırasıyla [3.1SİM12ac.pen], [1SİM3ac.pen.], [3.2SİM15ac.pen.], [2.1SİM5ac.pen.], [2.2SİM9ac.pen] durumlarında olduğu görülmektedir. Pencere kapalı durumlarda oluşan yüklerin pencere açık durumlara göre daha az olduğu görülmektedir. Pencere açık durumda havalandırma yolu ile kazanımlar etkinken, pencere kapalı durumda



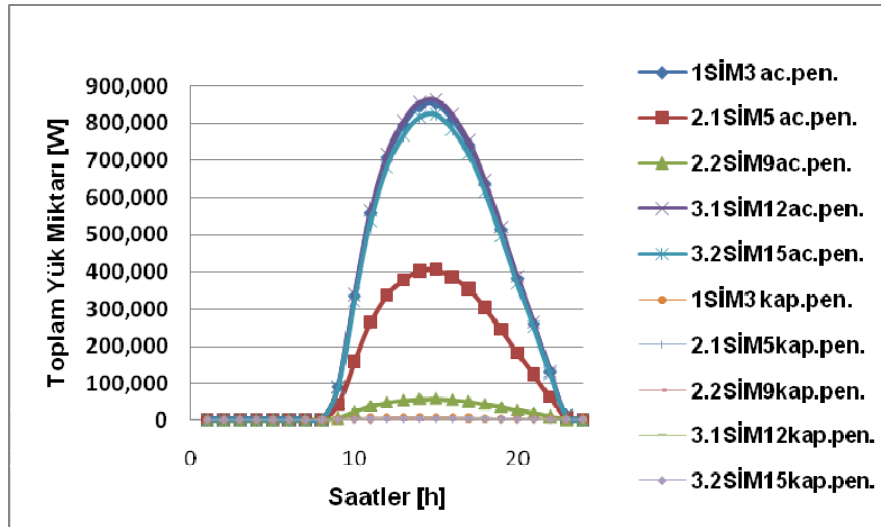
Şekil 5. Odanın döşemeden taşınım yolu ile kazanımı



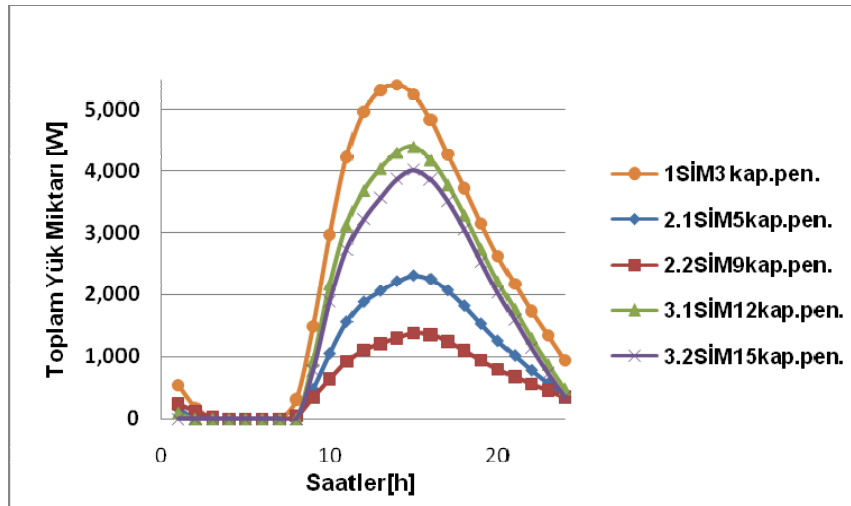
Şekil 6. Havalandırma yolu ile hissedilen kazanımlar



Şekil 7. Tüm alternatiflerde odanın pencereden kazanımı



(1)



(2)

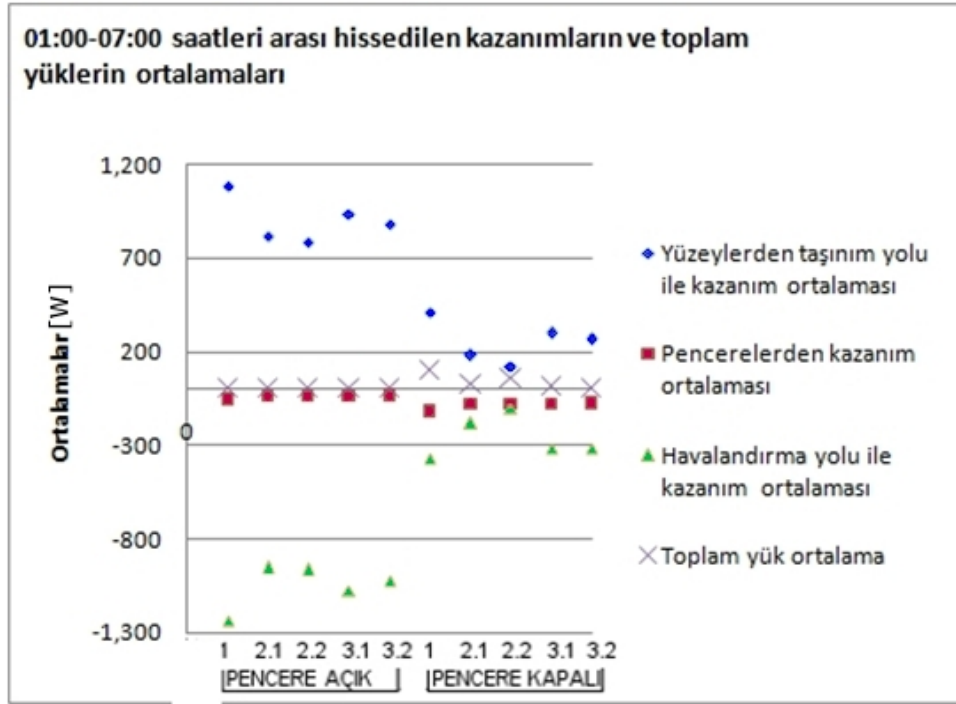
Şekil 8. (1)Tüm durumlarda toplam yükler, (2) Pencere kapalı durumda toplam soğutma yükleri

yükleri güneş yolu ile kazanımlar etkilemektedir. Pencere kapalı durumlarda tüm seçeneklerde oluşan yükler büyükten küçüğe doğru [1SİM3kap.pen], [3.1SİM12kap.pen], [3.2SİM15kap.pen], [2.1 SİM5kap.pen], [2.2SİM9kap.pen] şeklinde sıralanmaktadır.

Gölgeleme araçlarının etkinliği

Gölgeleme araçlarının etkilediği odanın yüzeylerden taşınım yolu ile açıklıktan havalandırma yolu ile, pencerelerden güneş yolu ile kazanım ve kayıpları olarak adlandırılan 3 hissedilen ısı kazanım bileşeninin 01:00-07:00, 08:00-18:00, 19:00-24:00 saat aralıklarındaki ortalamaları

bulunarak gölgeleme araçsız durumlara göre değişimleri karşılaştırılmıştır. Boş durumla karşılaştırılan kazanım bileşeni değerlerinin değişimi gölgeleme araçlarının etkisi ile kazanımların arttığı yada azaldığı anlamına gelmektedir. Bu durumda kazanımı en az olan gölgeleme araçlı durum diğer durumlara göre üstün konuma geçmektedir. Şekil 9'da 21 ağustos tarihinde sabah 01.00 ile 07:00 saatleri arasında pencere açık durumda yüzeylerden taşınım yolu ile kazanımların yüklerin oluşmasında etkin olduğu görülmektedir. Taşınım yolu ile kazanımları en çok azaltan alternatifler sırasıyla 2.2, 2.1, 3.2, 3.1 olarak



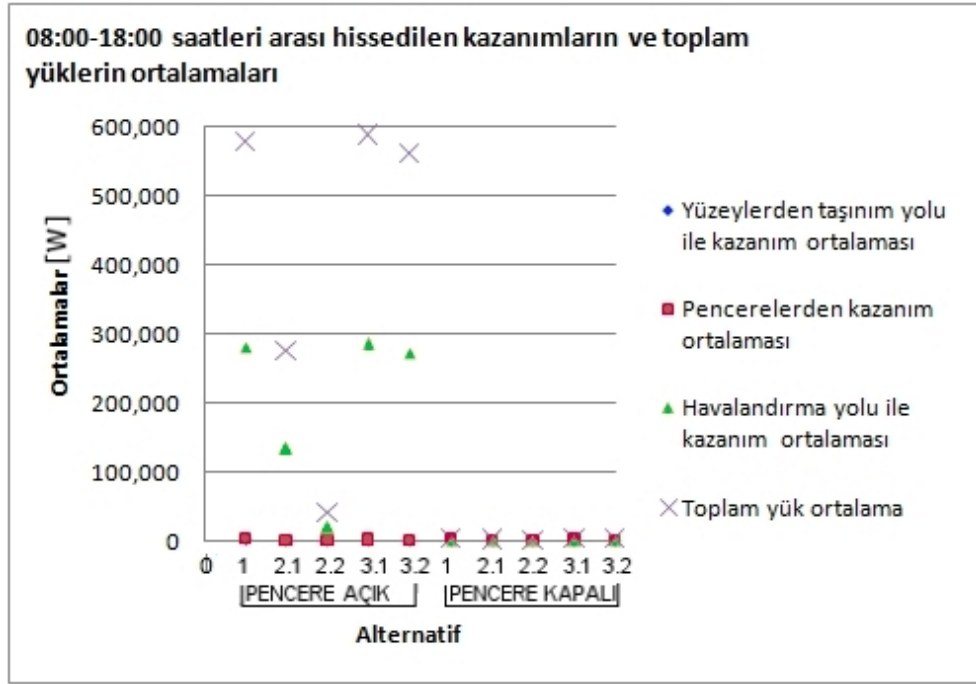
Şekil 9. Pencere açık ve kapalıyken, 01:00-07:00 saatleri arasında gölgeleme araçlarının etkinliği

sıralanmaktadır. Cepheye paralel, 45° kanat açıklıklı, 2.2 nolu gölgeleme elemanı alternatifinin etkisi ile pencere boşluk alanı azalmakta ve açıklıktan geçen hava akım miktarı da düşmektedir. Doğal havalandırmanın etkisi ile soğutma sağlanan bu saatlerde içeri giren hava akım miktarını en çok azaltan alternatif olarak 2.2 dezavantaj sağlamaktadır. Pencere kapalı durumda yüzeyleylerden doğal taşınım yolu ile kazanımları en fazla azaltan gölgeleme araç tipi, 2.2 nolu alternatiftir. Şekil 10'da 21 ağustos tarihinde pencere açık durumda 08:00-18:00 saatleri arasında havalandırma yolu ile kazanımların yüklerin oluşmasında etkin olduğu görülmektedir. Gün içerisinde dış ortam sıcaklığının iç ortam sıcaklığından yüksek olması sebebi ile içeri giren hava akım miktarına bağlı olarak iç ortam sıcaklığı yükselmektedir. Bu durumda içeri giren hava akım miktarlarını en çok azaltan gölgeleme araçları kazanımların azalması avantaj sağlamaktadır. 2.2 nolu alternatifle mekanın hissedilen kazanımları diğer alternatiflere göre daha az olduğundan oluşan ısı yüklerinde en az miktardadır. Pencere kapalı durumda toplam yüklerin pencere açık duruma

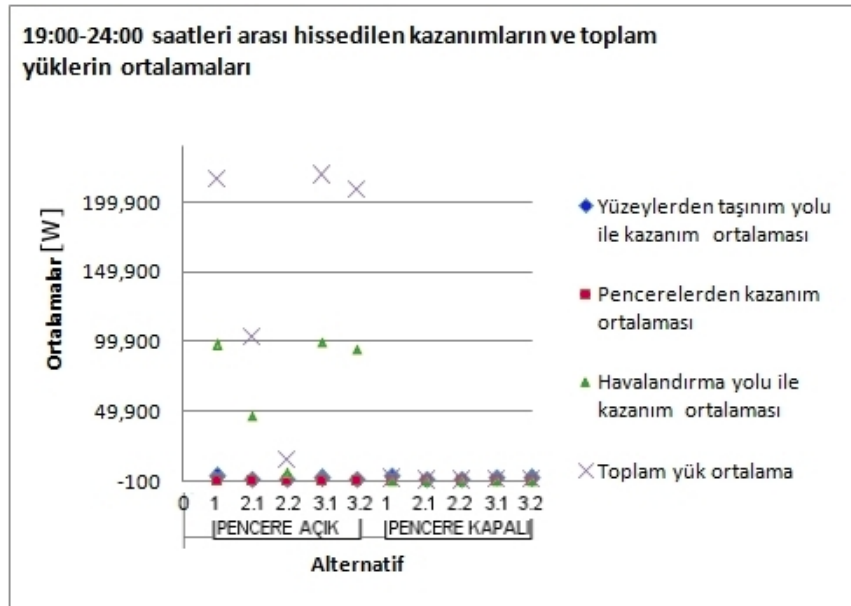
göre belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir. Bu saatlerde tüm kazanımlar birbirine yakın değerlerden oluşmasına rağmen pencereden kazanımların yüklerin oluşmasında etkin rol oynadığı görülmektedir. Gün içerisinde cepheye etkiyen güneş ışınlamalarını azaltmada en etkin gölgeleme aracı 2.2 nolu alternatiftir. Şekil 11'de 21 ağustos tarihinde 19:00 ile 24:00 saatleri arasında pencere açık durumda havalandırma yolu ile kazanımlar ön plana çıkmaktadır. Bu saatlerde pencere açık durumda kazanımları azaltmada en etkin elemanların sırasıyla 2.2, 2.1, 3.2, 3.1 olduğu görülmektedir. Aynı saatler içerisinde pencere kapalı durumda yüzeyleylerden taşınım yolu ile kazanımlar toplam yüklerin oluşumunda en etkin kazanım bileşenidir. Bu bileşene bağlı olarak kazanımların azalması en etkin eleman 2.2 nolu gölgeleme elemanı cepheye paralel 45° kanat açıklıklı alternatiftir.

Sonuçlar

Çalışmada pencere açık ve kapalı durumda gölgeleme araçlarının cephedeki konum ve geometrilerindeki farklılıklar ile değişen odanın iç yüzeyleylerden taşınım yolu ile kazanım, havalandırma yolu ile hissedilen ısı kazanım,



Şekil 10. Pencere açık ve kapalıyken, 08:00-18:00 saatleri arasında gölgeleme araçlarının etkinliği



Şekil 11. Pencere açık ve kapalıyken, 19:00-24:00 saatleri arasında gölgeleme araçlarının etkinliği

pencereden kazanım bileşenlerinin ve mekanda oluşan toplam yüklerin gölgeleme araçsız durumda oluşan kazanım ve yüklere göre değişimlerinin karşılaştırılması ile gölgeleme araçlarının etkinlikleri ortaya konulmuştur. Bu kazanım bileşenlerinin gün içerisinde farklı zaman dilimlerindeki ağırlıklarının değiştiği gözlenmiştir. Sonuç olarak, gölgeleme araçlarının etkilediği,

toplam yükleri en fazla katkısı olan kazanım bileşenleri günün saatine ve pencere açık ve kapalı durumlara göre değişim göstermektedir. Yaklaşımında elde edilen bulgulara göre toplam yüklerin oluşumunda etkin olan kazanım bileşenlerini azaltmada, günün belli saatlerinde avantajlı olan elemanlar, farklı zaman dilimlerinde dezavantajlı hale gelebilmektedir. Örneğin çalışmada

ele alınan koşullarda gün içerisinde havalandırma yolu ile kazanımların etkin olduğu saatlerde hava girişini en fazla engelleyen gölgeleme araçlarının kazanımları ve toplam yükleri azaltmada etkin olduğu görülmektedir.

Dış ortam sıcaklığının iç ortam sıcaklığından düşük olduğu, doğal havalandırmanın avantajlı olduğu saatlerde havalandırmayı engellemeyen eleman tipleri avantajlı duruma geçmektedir. Bu sebeple gün içerisinde tüm saatlerde iç konfor koşullarının sağlanması için dış yüzeylerde bu koşullara göre kolaylıkla ayarlanılabilen, hareketli gölgeleme araç tiplerinin seçilmesi uygun olacaktır. Yaklaşımın farklı iklim bölgelerinde soğutma enerjisi korunumu amacı ile optimum gölgeleme aracı alternatiflerinin seçiminde, gerektiğinde farklı ısı kazanım bileşenlerinin de göz önüne alınarak uygulanması mümkündür. Tüm iklim bölgeleri için, gölgeleme araçlarının o bölgede etkin olan ısı kazanım bileşenlerine göre etkinliklerinin ortaya konulması ve yöntemin farklı gölgeleme araç tipleri için de uygulanıp tasarım ve uygulama alanlarına zaman geçirilmeden yansıtılması enerji tasarrufunun her zamankinden daha fazla gereksinim duyulduğu günümüzde enerji etkin bina tasarımlarına katkıda bulunacaktır.

Çalışmanın getirdiği yenilikler

Çalışmada gölgeleme araçlarının soğutma yükleri açısından etkinliklerinin değerlendirilmesinde bu araçlarının mekana etkiyen hava akımı ve güneş ışınlımlarına etkisinin birarada göz önüne alınması çalışmanın özgün tarafını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra direkt güneş ışınlımlarının iç opak yüzeylerde gölgeleme araçlarının geometrilere bağlı olarak oluşturdukları gölgesiz alanların yarattığı ısı kazanımların odanın taşınım yolu ile ısı kazanım bileşeni ile göz önüne alınması ve rüzgar etkisi ile oluşan hava akımlarının gölgeleme araçlarının geometrilere bağlı olarak iç yüzeylere yakın kısımlarda değişen hızlarının yarattığı ısı kayıp ve kazanımların deneysel çalışma sonucu elde edilen hızlarla hesaplanan ortalama taşınım katsayıları ile ortaya konulması, havalandırma yolu ile hissedilen kazanımların hesaplanmasında gölgeleme araçlarının etkisini ortaya koyan boşaltım katsayılarının göz önüne alınmış olması

bu konulardaki çalışmalara ilave katkılar sağlayan yenilikler olarak sıralanabilir.

İleriye dönük yapılması planlanan çalışmalar
Öncelikle rüzgarın saatlik değişimi ve farklı yönlerden etki edişi ele alınarak deneysel ve CFD çalışmaları gerçekleştirilecektir. Ayrıca günlük sabit ve ortalama rüzgar hızlarına göre soğutma yükü hesabı gerçekleştiren Energyplus programına değişim gösteren hızların girişini sağlamak üzere ek modül geliştirilebilecektir. Gölgeleme araçlarının optik ve termofiziksel özelliklerinin mekan ısı kazanımlarına ve toplam yüklere etkisi göz önünde bulunduran alan çalışmaları ile desteklenen araştırmalar gerçekleştirilecektir. Çalışmada ortaya konulan yolun farklı iklim bölgeleri verileri ele alınarak uygulanmasıyla gölgeleme araçlarının iklimsel karakteristiklere göre optimizasyonu mümkün olabilecektir.

Kaynaklar

- Anon, (2006). *ENERGYPLUS- Engineering Reference*, The Board of The University of Illinois University and The University of California through the Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Argiriou, A.A., Balaras, C.A. ve Lykoudis, S.P., (2002). Single-sided ventilation of buildings through shaded large openings, *Energy*, **27**, 2, 93-115.
- ASHRAE, (1993). Nonresidential Air-Conditioning cooling and heating load, Handbook SI Edition, *American Society of heating, refrigerating and air conditioning engineer*, Inc.
- Aynsley, R.M., Melbourne, W. ve Vickery, B.J., (1977). *Architectural aerodynamics, wind tunnel testing techniques*, Applied Science Pub., London
- Bilgen, E., (1994). Experimental study of thermal performance of automated venetian blind window systems, *Solar Energy*, **52**, 1, 3-7.
- Cho, S., Shin, K. ve Zaheer-Uddin, M., (1995). The effect of slat angle of windows with venetian blinds on heating and cooling loads of buildings in South Korea, *Energy*, **20**, 12, 1225-1236
- Chantrasrisalai, C. ve Fisher, D.E., (2004). Comparative analysis of one dimensional slat type blind models, SimBuild 2004, IBPSA-USA National Conference, Boulder.
- Chiang, C., Chen, N., Chou, P., Li, Y. ve Lien, I., (2005). A study on the influence of horizontal

- louvers on natural ventilation in a dwelling unit, *Proceedings*, 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 4-9 September, Beijing, China.
- Cook, J., (1989). "*Passive cooling" solar heat technologies: Fundamentals and applications series*. Vol. 8, MIT Press.
- Çengel, A.Y. ve Boles, M.A., (1994). *Thermodynamics, An Engineering Approach*, 96, Second Edition, McGraw-hill, Inc.
- Dreyfus, J., (1960). *Le confort dans L'habitat-En pays tropical*, Paris; Eyrolles edutour.
- Flourentzou, F., (1998). Natural ventilation for passive cooling: Measurement of discharge coefficients, *Energy and Buildings*, **27**, 3, 283-292.
- Ford, B., Patel, N., Zaveri, P. ve Hewitt, M., (1998). Cooling without air conditioning: The Torrent Research Centre, Ahmedabad, India, *Renewable Energy*, **15**, 1-4, 177-182.
- Hien, W.N., (2003). Effects of external shading devices on daylighting and natural ventilation, 8th International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands, August 11-14.
- Hunn, B.D., Grasso, M.M., Jones, J.W. ve Hitzfelder, J.D., (1993). Effectiveness of shading devices on buildings in heating-dominated climates, *ASHRAE Transactions*, **99**, 1, 207-222.
- Jorge, J., Puigdomènech, J. ve Cusidó, J.A., (1993). A practical tool for sizing optimal shading devices, *Building and Environment*, **28**, 1, 69-72.
- Karava, P., Stathopoulos, T. ve Athienitis, A.K., (2007). Wind induced natural ventilation analysis, *Solar Energy*, **81**, 1, 20-30.
- Tsangrassoulis, A., Santamouris, M. ve Asimakopoulos, D.N., (1997). On the air flow and radiation transfer through partly covered external building openings, *Solar Energy*, **61**, 6, 355-367.
- Wallentén, P., Kvist, H. ve Dubois, M.C., (2000). parasol-lth: a user-friendly computer tool to predict the energy performance of shading devices, International Building Physics Conference, September, Eindhoven.